



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**ISMAEL RAMOS PEREIRA**

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA DA MINA  
PORTOBELLO, NO MUNICÍPIO DE CEDRO DE SÃO JOÃO, ESTADO DE  
SERGIPE.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

São Cristóvão/SE

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

**ISMAEL RAMOS PEREIRA**

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA DA MINA  
PORTOBELLO, NO MUNICÍPIO DE CEDRO DE SÃO JOÃO, ESTADO DE  
SERGIPE.

Monografia de Conclusão de Curso apresentada  
como requisito parcial para a obtenção do Título  
de Bacharel em Geologia pela Universidade  
Federal de Sergipe.

**ORIENTADORA:**

Dr.<sup>a</sup> Aracy Sousa Senra

**COORIENTADORA:**

Geóloga Vivianne Andrade Bastos

São Cristóvão/SE  
2019

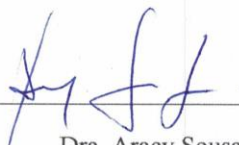
**ISMAEL RAMOS PEREIRA**

**CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DA FRAÇÃO ARGILA DA  
MINA PORTOBELLO, NO MUNICÍPIO DE CEDRO DE SÃO JOÃO,  
ESTADO DE SERGIPE.**

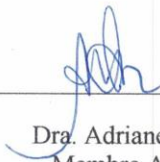
Esse documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia e aprovado em sua forma final.

São Cristóvão, 27 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Aracy Sousa Senra  
Orientadora



Dra. Adriane Machado  
Membro Avaliador



MSc. Karoline Mecnas  
Membro Avaliador

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo, carinho e pelo simples fato de existirem. Aos amigos por agregarem muitos valores à minha vida, pela convivência a qual jamais esquecerei, pelo apoio nos momentos necessários e, principalmente, pelo respeito em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

*A priori*, agradeço ao grande permissor, Deus, pela graça da vida, pela capacidade da qual me presenteou e por fazer com que nosso planeta seja regido por forças e eventos geológicos.

Agradeço, de forma muito especial, à minha família por ser “o alicerce” da minha construção pessoal, entretanto, de forma excepcional, gratulo à minha querida mãe (Neide) por ser meu grande exemplo de generosidade, força e resiliência diante da vida.

Ao meu tio, José Luiz dos Santos (*in memoriam*), por sempre ter acreditado e motivado minha coragem diante dos desafios inerentes do viver.

Aos professores educadores que fizeram parte da minha caminhada nos níveis fundamental, médio e superior, pois alguns foram e são, nos dias de hoje, exemplos dos quais sigo.

Às minhas orientadoras: professora Aracy Sousa Senra e a geóloga Vivianne Andrade Bastos, que me conduziram nesta difícil etapa. Obrigado por toda dedicação, paciência e respeito.

Ao Laboratório de Difractometria de Raios-X-LDRX da UFRGS, pela celeridade das análises e gratuidade das mesmas. Sou imensamente grato.

Expresso meus agradecimentos aos meus amigos-irmãos: Moisés Fonseca, João Paulo, Hiakan Soares e Felipe Rolemberg. Vocês têm todo meu respeito e amizade.

À Sheila, por fazer da sua existência um motivo essencial para minha felicidade e esperança. Você é o amor da minha vida.

À Taís Teixeira por, sempre, apoiar-me e encorajar-me, não só apenas nesta etapa, mas em todas as esferas da minha caminhada.

Agradeço, também, aos grandes amigos: Carlos Santana, Jailson Alves, Vinícius Lisboa, Natanael Freire, Lucas Nascimento, Breno dos Santos Vieira e Fábio Pereira. Obrigado pela amizade, ensinamentos e momentos de descontração.

Obrigado a todos vocês que permaneceram comigo nesta difícil etapa, que participaram e contribuíram direta ou indiretamente da minha evolução profissional e pessoal.

## RESUMO

A Formação Batinga, de idade Neocarbonífera, é composta predominantemente por siltitos e argilitos, que ocorrem finamente laminados, sendo estes semelhantes a varvitos, por vezes irregulares, mas que apresentam estratificação cruzada em gradações para arenitos e folhelhos do Membro Boacica. Essas rochas são explotadas para emprego na indústria cerâmica, no município de Cedro de São João, no estado de Sergipe. O presente trabalho tem como foco principal caracterizar, do ponto de vista mineralógico, o material extraído pela empresa Mineração Portobello LTDA para fabricação de revestimento cerâmico, através do método de difração de raios-X. As amostras foram analisadas sob o ponto de vista de duas metodologias distintas: métodos do pó e orientado. Na amostra em pó procurando-se preservar a desorientação das partículas onde todos os minerais ou estruturas cristalinas são analisados. A amostra orientada (natural, glicolada e calcinada) é composta pela fração  $<2\mu\text{m}$  em lâmina delgada, onde neste processo, privilegiam-se as faces (001) para a identificação de argilominerais. Os minerais identificados nas amostras na fração argila foram: Clorita, Ilita/Mica, Caulinita, Quartzo, K-feldspato e Plagioclásio. A mineralogia encontrada corrobora com os dados apresentados por diversos pesquisadores na literatura e, sobretudo ressalta o fato de que a composição dessa matéria-prima é de boa qualidade para a indústria cerâmica de revestimentos.

Palavras-chave: Formação Batinga, Difração de raios-X, Indústria Cerâmica, Sergipe.

## **ABSTRACT**

The Batinga Formation, Neo-carboniferous age, is predominantly composed of siltstones and argillites, which occur finely laminated, similar to varvites, sometimes irregular, but in gradations with cross stratification for sandstones and shales of the Member Boacica. These rocks are exploited for use in the ceramic industry, in the count of Cedro of São João, in the state of Sergipe, Brazil. The main objective of present work is to characterize, from the mineralogical point of view, the material extracted by company Mining Portobello Ltda for the manufacture of ceramic coating, through the method of X-ray diffraction. The samples were analyzed from the viewpoint of two different methodologies: powder and oriented methods. In the powdered sample seeking to preserve the disorientation of the particles where all the minerals or crystalline structures are analysed. The oriented sample (natural, glycolated and calcined) is composed by the fraction  $<2\mu\text{m}$  in thin blade, where in this process, the faces (001) are privileged for the identification of clayey minerals. The samples were analysed from the point of view of two methods: powder method and oriented method (natural, glycolated and calcined). The minerals identified in the samples in the clay fraction were: Chlorite, Illite/Mica, Caulinite, Quartz, K-feldspar and Plagioclase. The mineralogy found corroborates the data presented by several researchers in the literature and, especially, emphasize the fact that the composition of this raw material has very good quality for the ceramic coating industry.

Key-words: Batinga Formation, X-ray Diffraction, Ceramic Industry, Sergipe.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos .....	14
1.1.3 Justificativa.....	14
1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO .....	15
1.3 METODOLOGIA .....	17
1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DE CEDRO DE SÃO JOÃO .....	21
<b>2 GEOLOGIA REGIONAL .....</b>	<b>22</b>
2.1 SINÉCLISE PALEOZÓICA.....	26
2.1.1 A Formação Batinga.....	26
2.2.2 Geologia da Jazida.....	27
<b>2 A ARGILA NA INDÚSTRIA CERÂMICA .....</b>	<b>31</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>33</b>
4.1 MÉTODO DO PÓ.....	33
4.2 MÉTODO ORIENTADO .....	35
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do município de Cedro de São João. O polígono em vermelho refere-se à área de estudo.....	16
Figura 2 - Processo de desagregação manual das amostras com a utilização de pistilo de polipropileno.....	18
Figura 3 - Esquema do fenômeno da Difração de Raios-X.....	18
Figura 4 - Delimitação da bacia Sergipe-Alagoas, em suas porções terrestre e marítima. Em laranja encontra-se o município de Cedro de São João.....	22
Figura 5 - Estágios evolutivos da Sub-bacia de Sergipe. ....	23
Figura 6 - Mapa geológico do Município de Cedro de São João. O retângulo representa o polígono referente à área de estudo. ....	25
Figura 7 - Coluna estratigráfica do Grupo Igreja Nova, exibindo a subdivisão em membros da Formação Batinga e seu contato superior e inferior. ....	27
Figura 8 - Vista panorâmica da frente de lavra da mina Portobello.....	28
Figura 9 – Mapa geológico da poligonal usada para o trabalho. Os pontos P1 e P2 representam os pontos de coleta de amostras. ....	28
Figura 10 - Vista de afloramento (Ponto P1) mostrando a alternância de siltitos, argilitos e lentes de areias, em detalhe as finas laminações, característica da unidade.....	30
Figura 11 – Amostra BI-01 A. Nota-se o detalhe da estratificação plano-paralela, com a alternância composicional de siltitos, argilitos e arenitos. Os argilitos possuem dois tipos de coloração: cinza-esverdeado e avermelhado. Nota-se a típica variação rítmica característica da unidade. ....	30
Figura 12- Difratoograma do pó da amostra BI-02 A. Os picos, em destaque, representam os minerais: Ilita, Caulinita, Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio. ....	34
Figura 13 - Difratoograma do pó da amostra BI-01 B. As espécies minerais encontradas são: Clorita, Mica/Ilita, Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio. ....	35

Figura 14 - Difratoograma da amostra BI-02 A. A análise foi feita na amostra orientada, nos estados: natural, glicolada e calcinada. Onde C - Clorita; I - Ilita; K - Caulinita e Q - Quartzo.

.....36

Figura 15 - Difratoograma da amostra BI-01 B. A análise foi feita na amostra orientada, nos estados: natural, glicolada e calcinada. Onde C - Clorita; I - Ilita; K - Caulinita e Q - Quartzo.

.....37

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Coordenadas, em UTM, dos vértices referentes ao processo 878.008/1997 da ANM.....	15
Tabela 2 – Quadro comparativo entre a mineralogia descrita no presente trabalho e os dados encontrados por autores em trabalhos anteriores, para o Mb. Boacica na região do município Cedro de São João. ....	37

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Lei de <i>Bragg</i> .....	18
---------------------------------------	----

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ANFACER	Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres
ANM	Agência Nacional de Mineração
BR	Rodovia federal
C	Clorita
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
DRX	Difração de raios X
Fm.	Formação
I	Ilita
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
K	Caulinita
LTDA	Limitada
Mb.	Membro
PIB	Produto Interno Bruto
Q	Quartzo
QGIS	<i>Quantum Gis</i>
SEAL	Sergipe-Alagoas
SRH	Superintendência de Recursos Hídricos
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>

## 1 INTRODUÇÃO

A argila é um material de granulação muito fina, de origem sedimentar ou formada *in situ* como produto de alteração de rocha. Termo empregado também para designar a fração granulométrica de um sedimento inferior a 2 $\mu$ m (Wentworth, 1922). Uma das características das argilas são os argilominerais e estes são de essencial importância na indústria cerâmica.

Por isso, segundo Albers *et al.* (2002), dentre as várias técnicas de caracterização de materiais, a técnica de difração de raios-X (DRX) é a mais indicada na determinação das fases cristalinas presentes em materiais cerâmicos. Isto é possível porque na maior parte dos sólidos (cristais), os átomos se ordenam em planos cristalinos separados entre si por distâncias da mesma ordem de grandeza dos comprimentos de onda dos raios-X.

A caracterização mineralógica da fração argila da Mina Portobello, no município de Cedro de São João, estado de Sergipe, é de importância acadêmica e econômica, uma vez que, o conhecimento a respeito da mineralogia é essencial para a aplicabilidade dos conhecimentos teóricos, bem como, um melhor aproveitamento industrial da matéria-prima.

Os argilominerais mais comuns nas massas cerâmicas são: ilita, caulinita, montmorilonita. Além disso, diversos outros minerais podem ser encontrados na fração argilosa, tais como: clorita, feldspato, quartzo, dentre outros, o que influencia, de forma direta, na qualidade do produto (Associação Brasileira de Cerâmica – ABCERAM, 2018).

O presente trabalho tem como foco principal caracterizar o material extraído pela empresa Mineração Portobello LTDA para fabricação de revestimento cerâmico através do método de difração de raios-X (DRX, bem como, confeccionar mapas temáticos da área de estudo).

Além disso, este trabalho tem relevância, pois aborda a aplicação do método de DRX no estudo mineralógico da fração argila com o intuito de qualificar o material da jazida, para o uso na produção de cerâmica de revestimento.

## **1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O foco principal do trabalho consiste em caracterizar a mineralogia, através do método de Difração de Raios-X, o material extraído pela empresa Mineração Portobello LTDA para fabricação de revestimento cerâmico.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- a) Definir a mineralogia da fração argila através dos métodos do pó e orientado pela técnica de DRX;
- b) Indicar a qualidade e a finalidade do material de acordo com as características observadas;
- c) Confeccionar mapas temáticos da área de estudo.

### **1.1.3 Justificativa**

O Brasil é um dos principais *players* no mercado mundial de revestimentos, ocupando a terceira posição em produção e consumo no mundo, além de ocupar a sexta posição no *ranking* de exportação. De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER, 2018), o setor possui 93 empresas, com maiores concentrações nas regiões sul, sudeste e, em expansão, na região nordeste. E tendo em vista que a produção da região nordeste é responsável por 9% da produção nacional localizadas em diversos Estados (Mello *et al.*, 2011), é evidente que a argila é uma matéria-prima de grande importância econômica nos âmbitos nacional e internacional.

Portanto, é importante observar as composições mineralógicas do material extraído na mina Portobello no estado de Sergipe, e entender o que estas características influenciam na empregabilidade da matéria-prima na indústria cerâmica de revestimento.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo está inserida no Município Sergipano de Cedro de São João, que se localiza na região nordeste do Estado de Sergipe (Figura 1). A distância da capital, Aracaju, até o município é de 97,5 km, e o acesso é realizado através da Rodovia Federal BR-101 (Rodovia Mário Covas), pouco antes da sede municipal. As coordenadas dos vértices da poligonal, referente ao processo 878.008/1997 da Agência Nacional de Mineração (ANM), em projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) podem ser consultadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Coordenadas, em UTM, dos vértices referentes ao processo 878.008/1997 da ANM.

<b>Vértice</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
<b>0</b>	733284	8864247
<b>1</b>	733684	8864245
<b>2</b>	733677	8863244
<b>3</b>	733277	8863247
<b>4</b>	733284	8864247

FONTE: Banco de dados da Agência Nacional de Mineração (2018).



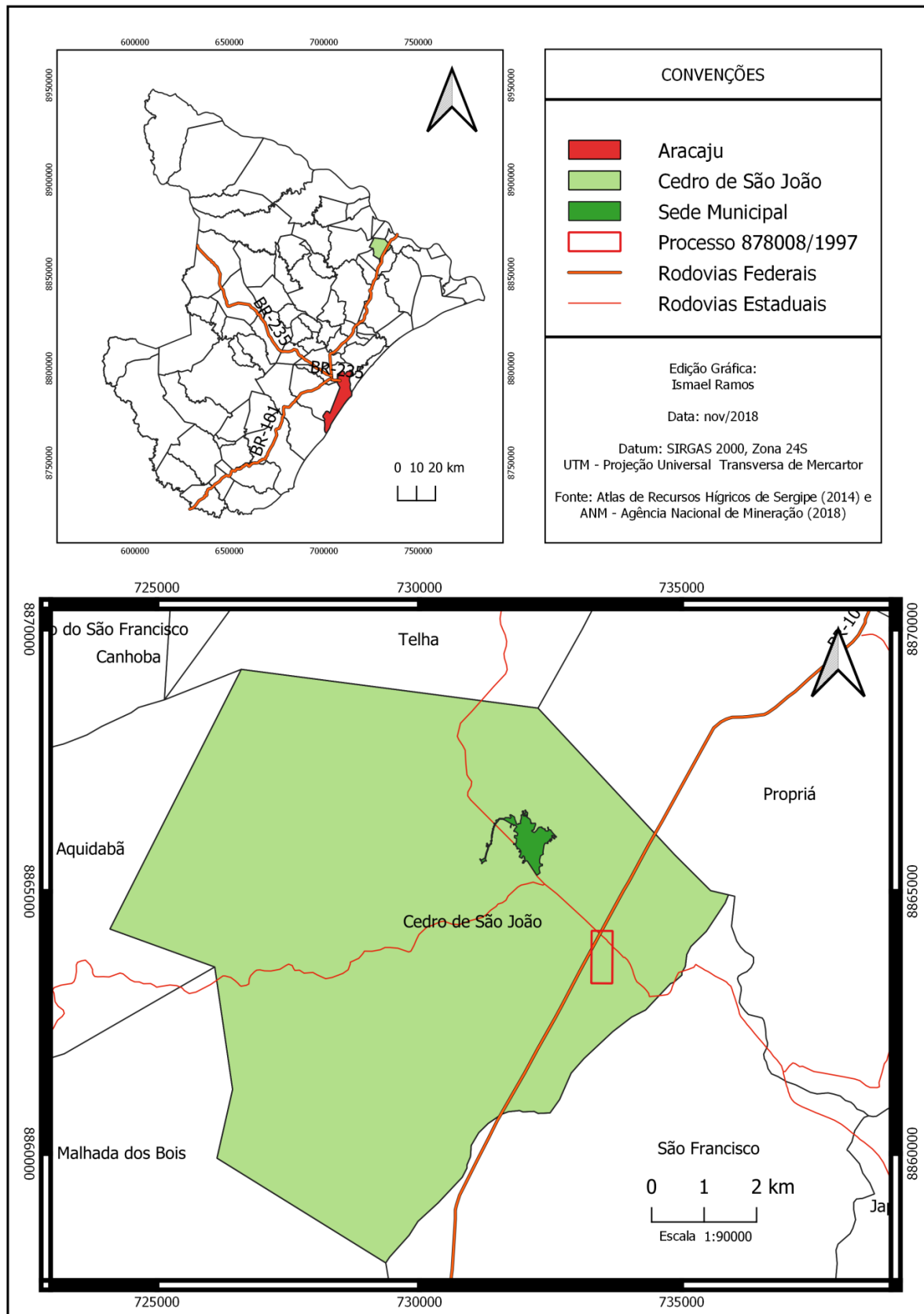


Figura 1 - Mapa de localização do município de Cedro de São João. O polígono em vermelho refere-se à área de estudo.

FONTE: Atlas de Recursos Hídricos (2014).

### 1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho subdividiu-se em três etapas: pré-campo, campo e pós-campo. Na etapa pré-campo foram feitos levantamentos bibliográficos a respeito da geologia regional do município de Cedro de São João, foram feitas pesquisas com a finalidade de conhecer as propriedades dos argilominerais, bem como sua utilização industrial.

Foram feitas consultas junto ao endereço eletrônico da ANM (Agência Nacional de Mineração) com o propósito de entender a situação legal da jazida Portobello. Além disso, foram analisados os dados da empresa Mineração Portobello LTDA para uma melhor compreensão sobre a matéria prima que é explorada na mina. Utilizando as informações extraídas das pesquisas e com a consulta ao banco de dados da Superintendência de Recursos Hídricos (SRH, 2014) utilizando os *softwares*, QGIS 3.4.1 e *Google Earth Pro* 7.3, foram confeccionados mapas temáticos, que ilustram este trabalho. Depois dos trabalhos de escritório, realizaram-se visitas de campo na poligonal referente ao processo nº 878008/1997 da ANM. Na poligonal, foram recolhidas duas amostras da Formação Batinga, Membro Boacica.

Após o estudo preliminar e adquirido embasamento bibliográfico sobre a área de estudo, bem como, o reconhecimento da jazida, em campo, e a devida amostragem, iniciaram-se os trabalhos analíticos em laboratório.

As amostras foram desagregadas manualmente a seco, com o objetivo de separar as diferentes frações granulométricas da rocha (Figura 2). O produto do processo de segregação, na sequência, foi peneirado na malha de 200 *mesh* ou 0,074 mm, a fim de isolar a granulometria da fração argila para a realização da difração de raios-X (DRX).

As amostras (P-01 e P-02) da fração argila (200 *mesh*) foram enviadas para o Laboratório de Difractometria de Raios-X (LDRX) do Instituto de Geociências na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde foi realizada a difração de raios-x, para a identificação mineralógica.

De acordo com Albers *et al.* (2002), a técnica de difração de raios-X é a mais indicada na determinação das fases cristalinas presentes em materiais cerâmicos, já que na maior parte dos sólidos (cristais), os átomos se ordenam em planos cristalinos separados entre si por distâncias da mesma ordem de grandeza dos comprimentos de onda dos raios-X. Ao incidir um feixe de raios-X em um cristal, o mesmo interage com os átomos presentes, originando o fenômeno de difração (Figura 3).



Figura 2 - Processo de desagregação manual das amostras com a utilização de pistilo de polipropileno.

FONTE: Autoria própria.

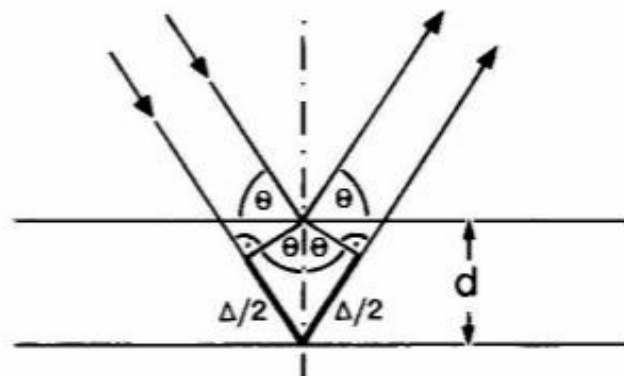


Figura 3 - Esquema do fenômeno da Difração de Raios-X.

FONTE: Massa (2004).

A difração de raios-X ocorre segundo a Lei de Bragg (Equação 1), a qual estabelece a relação entre o ângulo de difração e a distância entre os planos que a originaram (característicos para cada fase cristalina):

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

Equação 1 – Lei de Bragg.

**n**: número inteiro

**λ**: comprimento de onda dos raios-X incidentes

**d:** distância entre os planos

**$\theta$ :** ângulo de difração

Para Albers *et al.* (2002), dentre as vantagens da técnica de Difração de Raios-X para a caracterização de fases, destacam-se a simplicidade e rapidez do método, a confiabilidade dos resultados obtidos (pois o perfil de difração obtido é característico para cada fase cristalina), a possibilidade de análise de materiais compostos por uma mistura de fases e uma análise quantitativa destas fases.

Além disso, para os mesmos autores, ao se caracterizar argilominerais, a utilização da técnica de DRX torna-se ainda mais indicada, pois uma análise química reportaria os elementos químicos presentes no material, mas não a forma como eles estão ligados.

A análise por Difração de Raios-X (DRX) foi realizada em um difratômetro de raios-X marca Siemens (BRUKER AXS), modelo D-5000 ( $\theta$ - $2\theta$ ) equipado com tubo de ânodo fixo de Cu ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ), operando a 40 kV e 30 mA no feixe primário e monocromador curvado de grafite no feixe secundário.

Realizaram-se análises nas amostras sob duas metodologias: método do pó e método orientado. No método orientado, a amostra foi analisada sob os estados natural, calcinada e glicolada.

A amostra em pó foi analisada no intervalo angular de  $2,3$  a  $72^\circ 2\theta$  em passo de  $0,02^\circ/1s$  utilizando-se fendas de divergência e antiespalhamento de  $1^\circ$  e  $0,2 \text{ mm}$  no detector.

As amostras, orientada natural, calcinada e glicolada, foram analisadas no intervalo angular de  $2,3$  a  $28^\circ 2\theta$  em passo de  $0,02^\circ/2s$  utilizando-se fendas de divergência e antiespalhamento de  $1^\circ$  e  $0,2 \text{ mm}$  no detector.

Na amostra em pó o material pulverizado ou desagregado é depositado em um porta-amostra específico para pó procurando-se preservar a desorientação das partículas onde todos os minerais ou estruturas cristalinas são analisados.

Os minerais e/ou fases cristalinas são identificados através da medida das distâncias interplanares (valores de “d”) e das intensidades relativas dos picos nos difratogramas.

As amostras orientadas foram preparadas conforme o seguinte procedimento: quarteamento da amostra, desagregação em gral de porcelana, desagregação por agitação durante 14 horas em agitador orbital, desagregação por ultrassom de ponteira durante 5 min com amostra em solução, estabilização da temperatura para controle da viscosidade do fluido, cálculo do tempo de decantação respectivo de cada fração de acordo com a Lei de Stokes. O processo de decantação normal foi utilizado para separar a fração  $< 2 \text{ }\mu\text{m}$  da amostra. O tempo estipulado para essa fração foi de 5h 27min 30s e por fim, a preparação de lâminas

delgadas orientadas por pipetagem. Neste processo, privilegiam-se as faces (001) para a identificação de argilominerais, chamando-se a amostra de orientada natural.

Para a obtenção da amostra glicolada, borrifa-se a amostra orientada natural com etileno glicol e o excesso é retirado com papel absorvente, com o intuito de verificar a existência ou não de argilominerais expansivos.

E no caso da amostra calcinada, a amostra orientada natural é aquecida a 550°C durante duas horas para avaliar argilominerais que colapsam a sua estrutura nestas condições (ex.: argilominerais do Grupo das Caulinitas) permitindo uma identificação mais precisa.

#### **1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DE CEDRO DE SÃO JOÃO**

O Município de Cedro de São João possui área territorial de 83,711 km<sup>2</sup>, população total de 5.880 habitantes e uma densidade demográfica de 67,29 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

O clima dominante é o semiárido, temperatura média no ano de 26,0°C, precipitação pluviométrica média anual de 844,0mm e período chuvoso de março a agosto. O relevo é característico, com feições dissecadas na forma de colinas e cristas (Pinto, 2007).

Quanto à hidrografia, o município está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, tendo como afluente o Riacho Jacaré.

A economia do município tem como base a agricultura (arroz, mandioca e milho), pecuária (bovinos, suínos, ovinos e equinos), avicultura (galináceos). Na área mineral, é explorada argila para cerâmica (Bomfim *et al.*, 2002).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o Produto Interno Bruto (PIB) é de R\$ 43.614.194,4 e o PIB per capita é de R\$ 7417,38.

## 2 GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia de Sergipe-Alagoas (Bacia SEAL) situa-se na margem continental do nordeste brasileiro, cobrindo cerca de 35.000 km<sup>2</sup>, dos quais dois terços estão na área marítima (Milani *et al.*, 2001) (Figura 4).

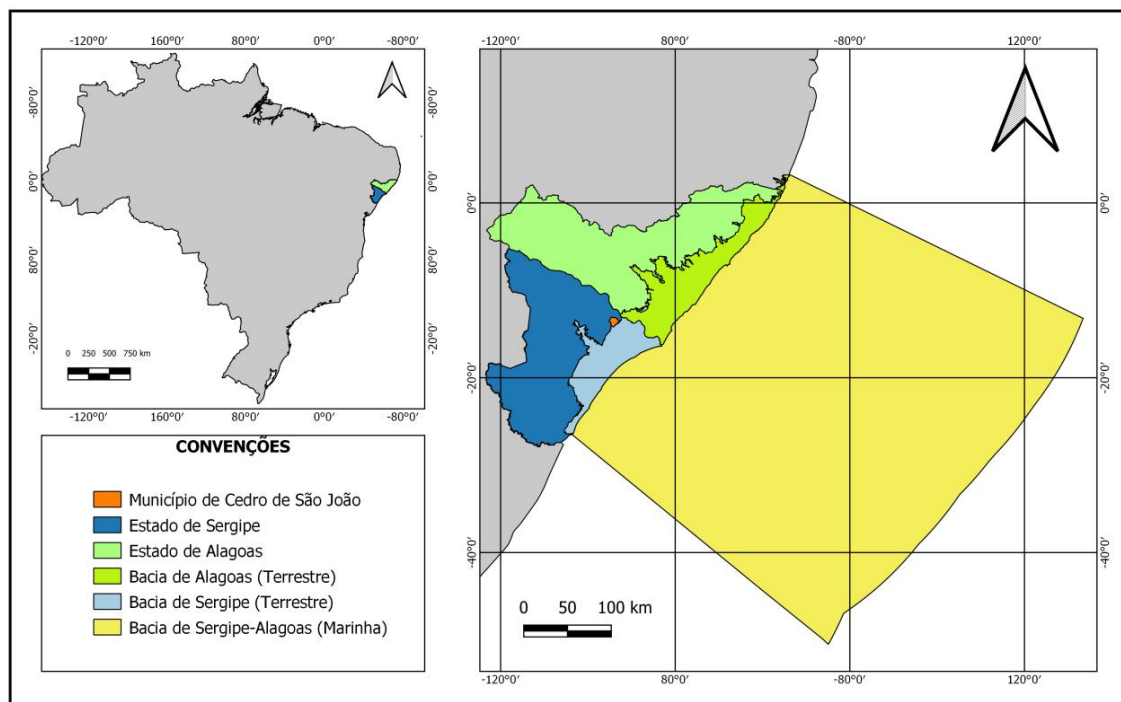


Figura 4 - Delimitação da bacia Sergipe-Alagoas, em suas porções terrestre e marítima. Em laranja encontra-se o município de Cedro de São João.

FONTE: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2018).

O embasamento da Sub-bacia de Sergipe é formado pelas rochas metamórficas proterozóicas de baixo grau dos grupos Miaba e Vaza-Barris. Também ocorrem metassedimentos do Grupo Estância (Moraes Rego, 1933; Silva *et al.* 1978, *apud* Campos Neto *et al.* 2007), possivelmente de idade cambriana, que foram depositados por sistemas alúvio-fluviais, deltaicos e de marés. O embasamento da Sub-bacia de Alagoas é constituído por rochas graníticas, proterozóicas, do maciço Pernambuco-Alagoas. O preenchimento sedimentar da Bacia de SEAL constitui-se de vinte e três sequências deposicionais. Essas sequências são correlacionáveis aos estágios evolutivos que ocorreram nas bacias da margem leste brasileira e que culminou com a formação do Atlântico Sul (Ponte & Asmus, 1976, *apud* Campos Neto *et al.*, 2007): sinéclise; pré-rifte; rifte e margem passiva (drifte) (Figura 5)



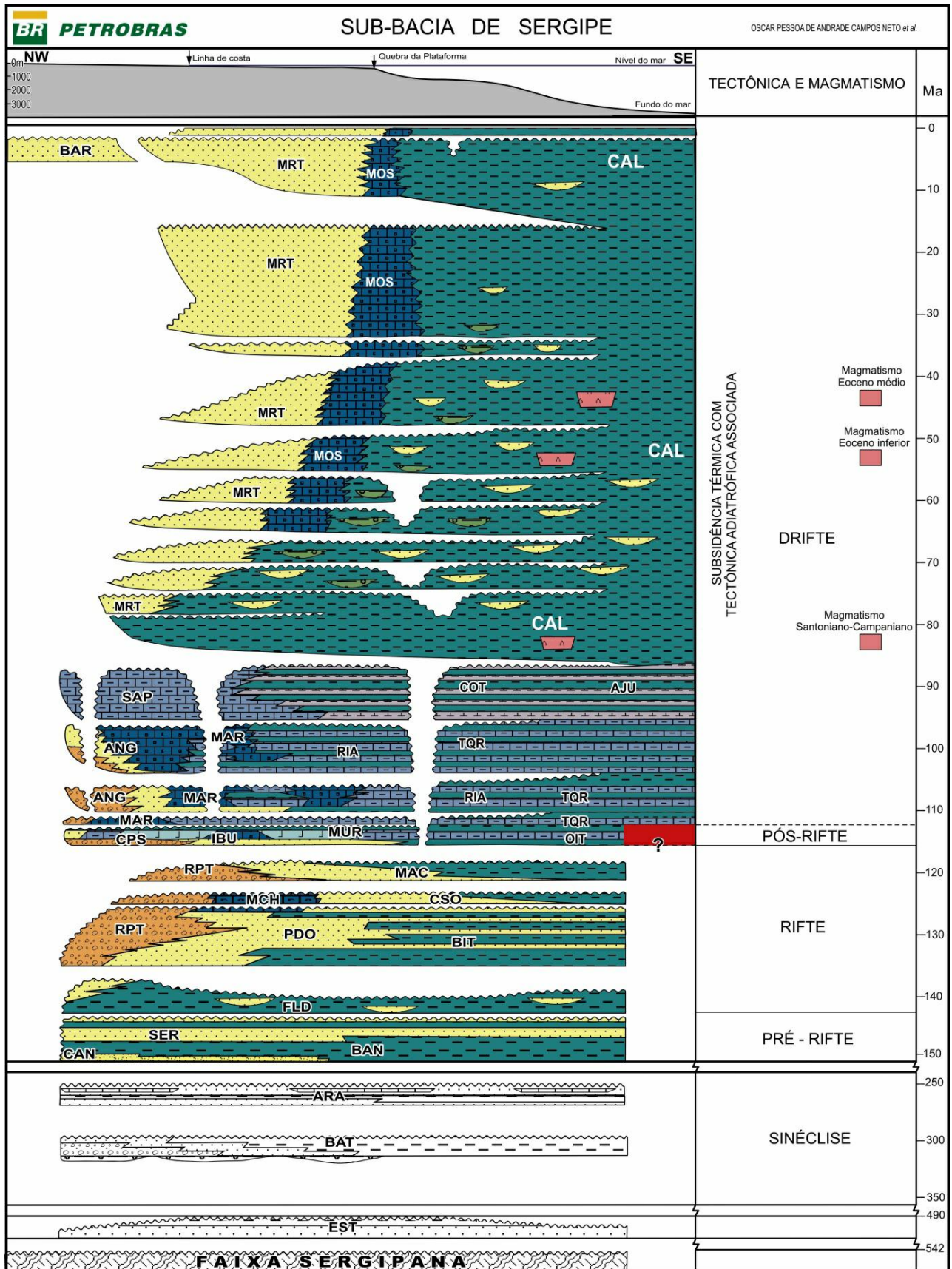


Figura 5 - Estágios evolutivos da Sub-bacia de Sergipe.

FONTE: Campo Neto et al. (2007).



Conforme Bomfim *et al.* (2002), o contexto geológico do município de Cedro de São João está representado por sedimentos cenozóicos das Formações Superficiais Continentais (depósitos aluvionares e coluvionares) e do Grupo Barreiras (areias finas e grossas com níveis argilosos a conglomeráticos), que se distribuem ao norte e ao sul da área. Além disso, na região sudoeste, afloram sedimentos mesozóicos da Bacia de Sergipe, relacionados ao Grupo Coruripe (Formação Penedo - arcóseos com intercalações de folhelhos e siltitos e Formação Barra de Itiúba - folhelhos com intercalações delgadas de arenitos muito finos e calcilutitos); Grupo Perucaba (Formação Serraria – arcóseos e arenitos e Formação Bananeiras - folhelhos e argilitos); Grupo Igreja Nova (Formação Aracaré- intercalações de arenitos, folhelhos e calcários associados a sílex) e a Formação Batinga - siltitos laminados, arenitos e folhelhos. Ainda segundo estes autores, as rochas do Domínio Neo a Mesoproterozóico da Faixa de Dobramentos Sergipana, pertencentes ao Grupo Macururé (micaxistos granatíferos e metarritmitos finos com lentes de metavulcanitos) ocupam mais de 50% da área total do município, nas suas porções centro e norte (Figura 6).

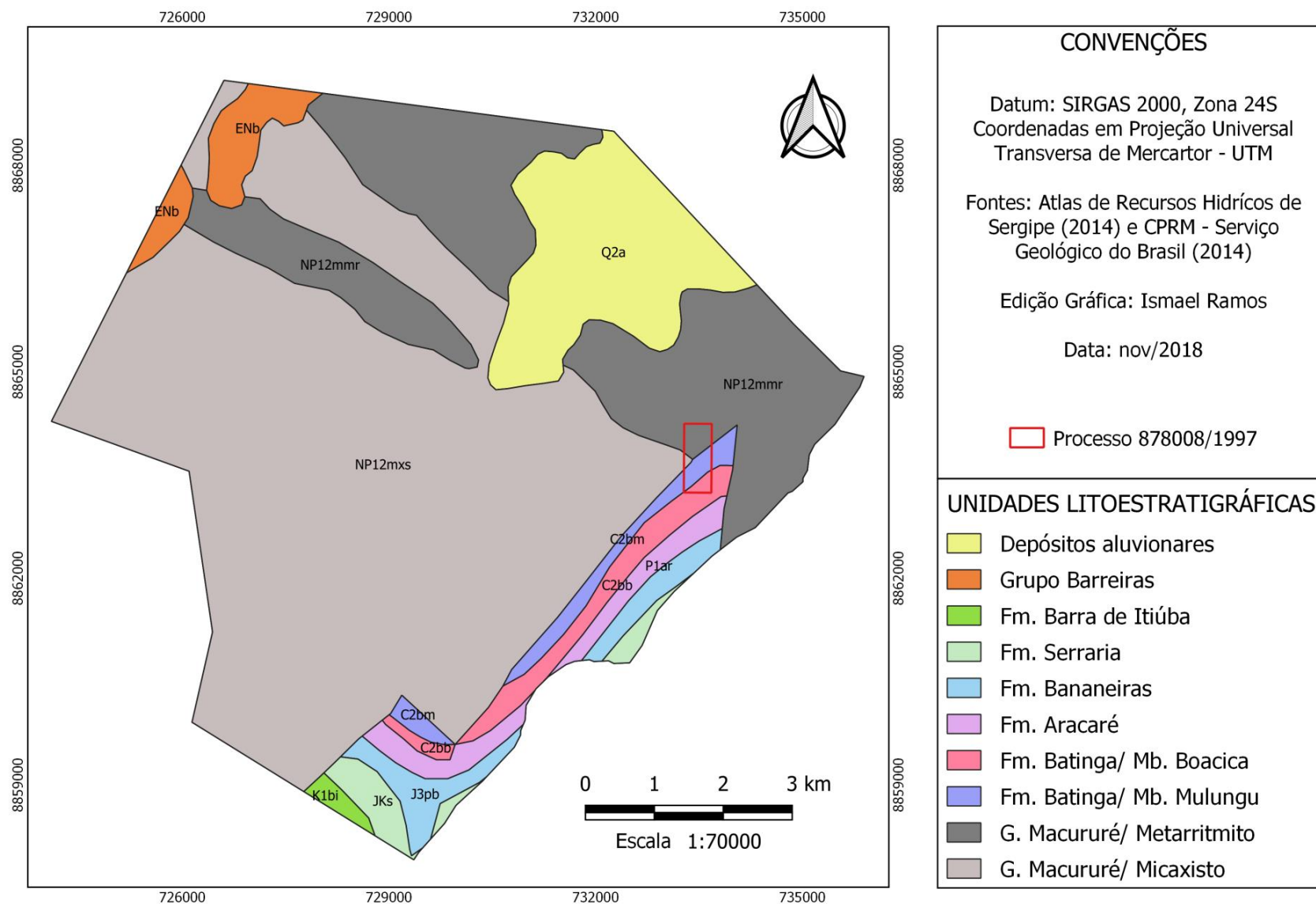


Figura 6 - Mapa geológico do Município de Cedro de São João. O retângulo representa o polígono referente à área de estudo.

FONTE: (Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Sergipe e Atlas de Recursos Hídricos, 2014).

## 2.1 SINÉCLISE PALEOZÓICA

De acordo com Campos Neto *et al.*, (2007), sobre o embasamento Pré-Cambriano foram depositadas, em condições intracratônicas, inicialmente a sequência Carbonífera representada pela Formação Batinga e, posteriormente, a sequência Permiana, que corresponde à Formação Aracaré, que representam o registro sedimentar de Sinéclises Paleozóicas que cobriam extensas áreas do continente Gondwana.

### 2.1.1 A Formação Batinga

A Formação Batinga é composta por siltitos laminados do Neocarbonífero, sendo estes semelhantes a varvitos, por vezes irregulares com estratificação cruzada, gradações para arenitos e folhelhos do Membro Boacica (Bastos & Senra, 2018). E segundo Santos *et al.* (1998), os paraconglomerados com seixos e matacões, de tamanho e grau de arredondamento variados, imersos em matriz siltoarenosa, representam o Membro Mulungu. Os depósitos da Formação Batinga distribuem-se, em subsuperfície, entre as regiões de São Miguel dos campos, em Alagoas, e Carmópolis, em Sergipe, com espessura média estimada em 200 metros e máxima em 318 metros (Schaller, 1969; Campos Neto *et al.*, 2007).

De maneira geral, nota-se predominância dos clásticos grosseiros do Membro Mulungu para o norte do rio São Francisco, enquanto para o sul do mesmo rio dominam os siltitos do Membro Boacica (Schaller, 1969). Ainda, de acordo com esse autor, o contato inferior da Formação Batinga situa-se em discordância heterogênea com rochas do embasamento e, o contato superior da unidade é delineado na base de uma sequência de folhelhos escuros da Formação Aracaré, sobrejacente, em Alagoas (Figura 7). Na área sul de Sergipe, onde esta última está ausente por erosão, sobrepõem-se à Formação Batinga os folhelhos vermelhos da Formação Bananeiras (Pré-Rifte). O contato Batinga/Aracaré acontece por discordância paralela na maior parte de sua extensão, enquanto que o contato Batinga/Bananeiras, no sul de Sergipe, é por discordância angular. Os contatos entre os Membros Mulungu/Boacica são intergradacionais.

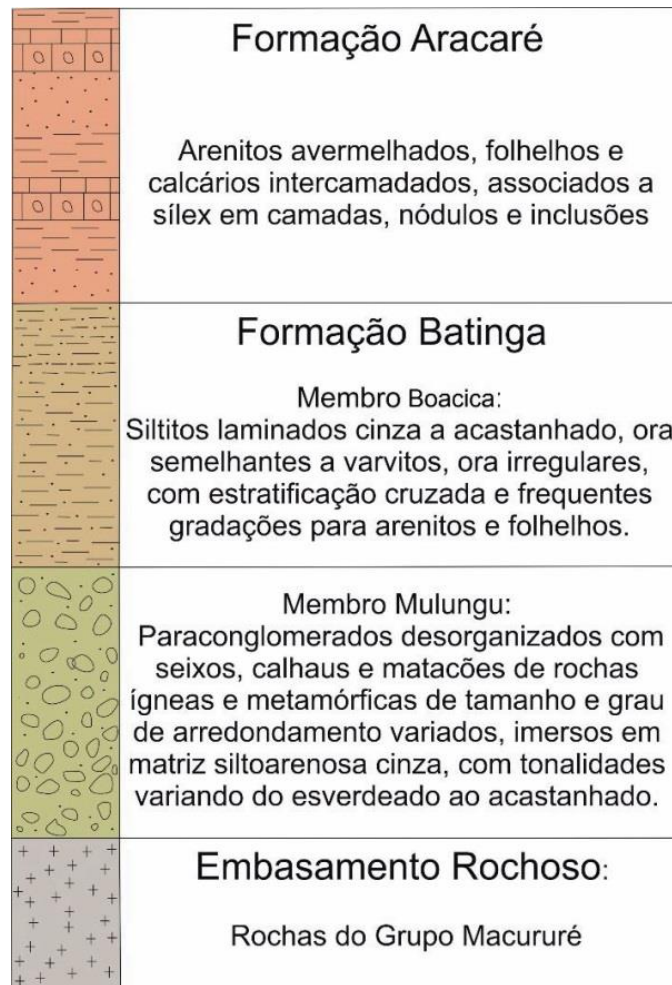


Figura 7 - Coluna estratigráfica do Grupo Igreja Nova, exibindo a subdivisão em membros da Formação Batinga e seu contato superior e inferior.

FONTE: Schaller, 1969; modificado por Bastos, 2017.

### 2.2.2 Geologia da Jazida

Dentro da poligonal alvo do estudo, a geologia encontrada corresponde ao Grupo Macururé (metarritmitos e micaxistos) e à Formação Batinga (Membros Mulungu e Boacica).

A jazida estudada representa a Fm. Batinga, especificamente o Mb. Boacica. As amostras foram colhidas de uma frente de lavra da mina Portobello (Figura 8). Na área de estudo foram plotados dois pontos e, ambos, devidamente amostrados: P1 e P2 (Figura 9). A amostragem foi feita na base (P1) e no topo (P2) da frente de lavra.



Figura 8 - Vista panorâmica da frente de lavra da mina Portobello.

FONTE: Autoria própria.

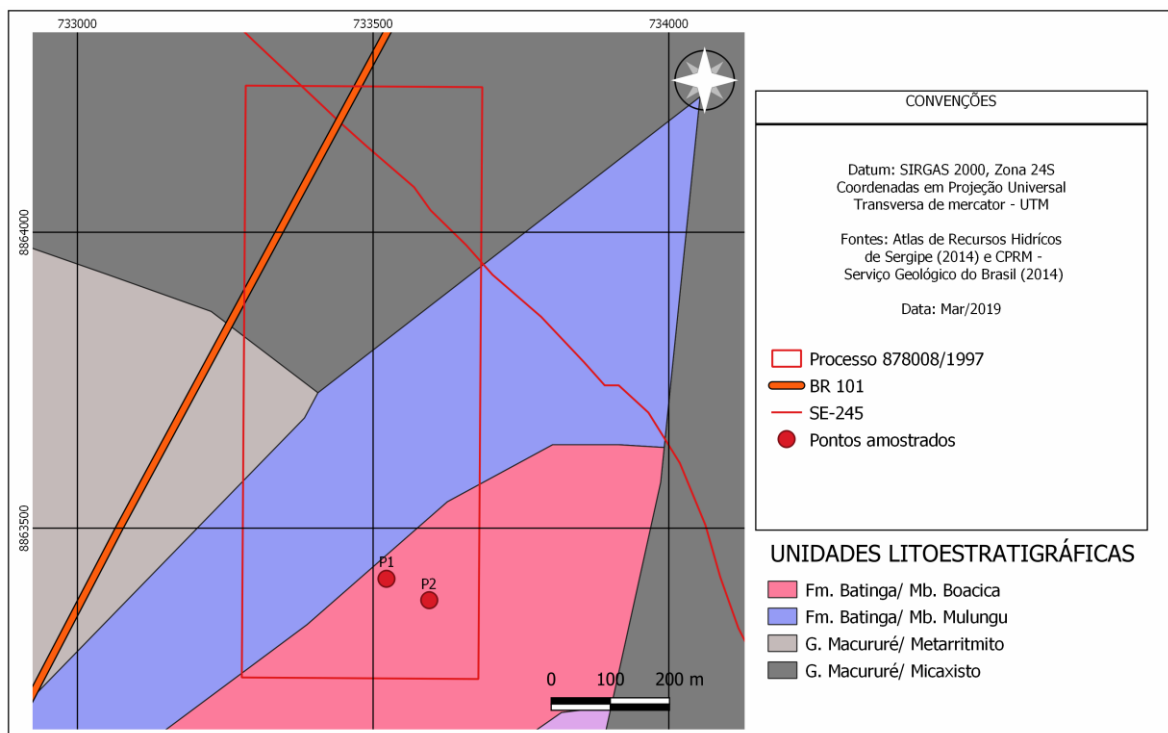


Figura 9 – Mapa geológico da poligonal usada para o trabalho. Os pontos P1 e P2 representam os pontos de coleta de amostras.

FONTE: (Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de Sergipe e Atlas de Recursos Hídricos, 2014).

No ponto P1, cujas coordenadas UTM são 733523/8863414, foram coletadas duas amostras (BI-01A e BI-01B). Neste ponto, o afloramento é do tipo paredão de cava e onde foram encontradas rochas que apresentavam uma sucessão de argilitos, siltitos e arenitos (Figura 10). A alternância ocorre, tanto como estratos, bem como, laminações (Figura 11). Esse pacote possui aproximadamente 20 m de espessura e composição constante, além disso, existe um predomínio das estratificações plano-paralelas, mas, em menores frequências, são encontradas estratificações cruzadas acanaladas.

Os argilitos possuem coloração que varia entre cinza-esverdeado e vermelho, provavelmente devido à presença de alguns óxidos nas porções avermelhadas. E os arenitos tendem a cores mais próximas ao branco, além de terem uma maior ocorrência nas posições mais superiores da sucessão.

No ponto P2, com coordenadas são 733595/8863378, foram coletadas duas amostras (BI-02A e BI-02 B). As litologias encontradas são as mesmas encontradas no ponto anterior, tanto em composição como em estruturas.



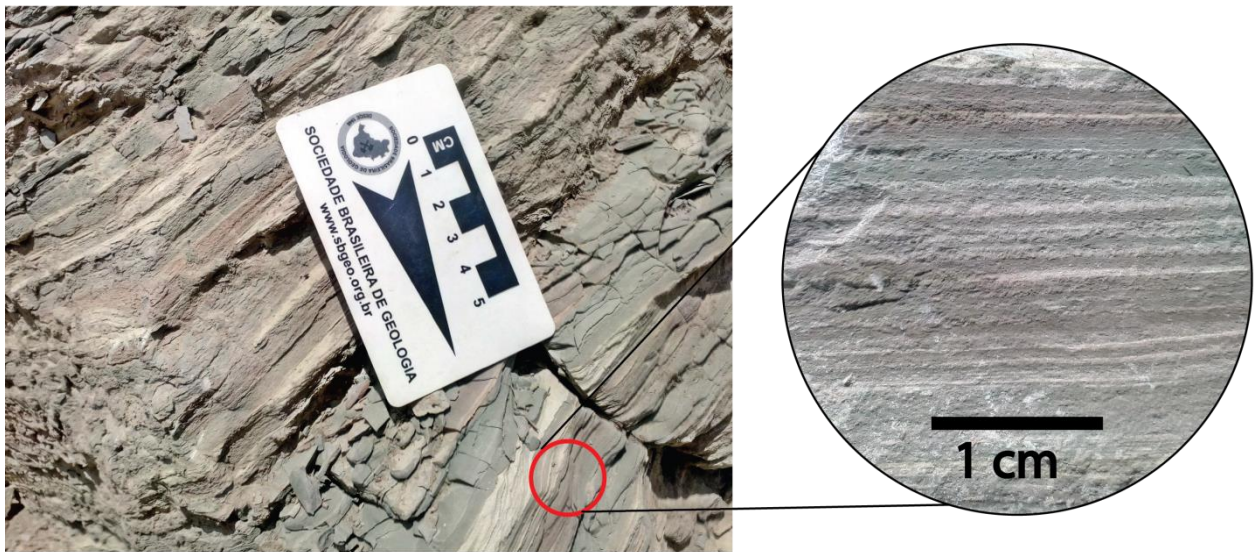


Figura 10 - Vista de afloramento (Ponto P1) mostrando a alternância de siltitos, argilitos e lentes de areias, em detalhe as finas laminações, característica da unidade..

FONTE: Autoria própria.



Figura 11 – Amostra BI-01 A. Nota-se o detalhe da estratificação plano-paralela, com a alternância composicional de siltitos, argilitos e arenitos. Os argilitos possuem dois tipos de coloração: cinza-esverdeado e avermelhado. Nota-se a típica variação rítmica característica da unidade.

FONTE: Autoria própria.

## 2 A ARGILA NA INDÚSTRIA CERÂMICA

As argilas são comumente definidas como materiais naturais, terrosos, de granulação fina que, quando umedecidos com água, apresentam plasticidade. De modo geral, o termo argilas refere-se às partículas do solo que possuem diâmetro inferior a 2  $\mu\text{m}$  e das quais podem fazer parte diferentes tipos de minerais: silicatos lamelares de magnésio e de alumínio (filossilicatos), quartzo, feldspato, carbonatos, óxidos metálicos e até mesmo matéria orgânica (Teixeira-Neto & Teixeira-Neto, 2009). De acordo com os mesmos autores, o termo argilominerais é usado para designar especificamente os Filossilicatos que são hidrofílicos e conferem a propriedade de plasticidade às argilas.

A presença de espécies químicas como nitratos, fosfatos, sulfatos e sulfetos em argilas é indesejável e pode impossibilitar a preparação do suporte cerâmico (Sanchez-Muñoz *et al.*, 2002).

Segundo ainda esses mesmos autores, quando em pequenas quantidades, é desejável a presença de matérias orgânicas nas argilas usadas na preparação do corpo cerâmico; no entanto, quando essa presença atinge certo volume, pode ocasionar a redução do óxido de ferro durante a queima, gerando o que se conhece por “coração negro”, ou seja, a dilatação excessiva nas peças, com a formação de uma porosidade interna que diminui bastante as propriedades mecânicas.

Os argilominerais geralmente encontrados nas massas cerâmicas são: ilita, caulinita, montmorilonita. E os minerais que podem ser encontrados na fração argilosa, são: clorita, feldspato, quartzo, ilita, montmorilonita e outros. Graças aos argilominerais que, as argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades tais como: plasticidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas que explicam sua grande variedade de aplicações tecnológicas (ABCERAM, 2018).

Ainda de acordo com a Associação Brasileira de Cerâmica, os revestimentos cerâmicos são placas cerâmicas, fabricadas a partir de matérias-primas naturais, argilosas e não argilosas usadas na construção civil, para revestimento de paredes, pisos, bancadas, piscinas etc., em ambientes internos e externos.

Para Costa (2010), as matérias-primas usadas na formulação de massas dos revestimentos cerâmicos possuem configurações mineralógicas distintas e cada uma exerce uma função própria e específica. Os argilominerais conferindo plasticidade à massa, enquanto aquelas não plásticas, caracterizados por minerais fundentes e refratários, responsáveis por agregar



densidade e resistência mecânica ao produto, respectivamente. De modo geral, as matérias-primas mais usadas são argilominerais, feldspatos e sílica.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **4.1 MÉTODO DO PÓ**

A mineralogia da amostra BI-02 A é composta por: Ilita, Caulinita, Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio (Figura 11). Já para a amostra BI-01 B: Clorita, Ilita/Mica, Caulinita, Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio (Figura 12). Ambas possuem similaridades mineralógicas diferindo apenas devido à presença de Clorita na amostra BI-01 B.

Uma vez que a presença da Clorita já era esperada, assim como mostrado nos trabalhos de anteriores na Fm. Batinga (Mb. Boacica). Porém, além dos minerais descritos por Andrade (2015), destaca-se a ocorrência do K-feldspato na mineralogia do minério. E em adição a mineralogia apresentada por Bastos & Senra (2018), para a mesma unidade, foram identificadas a Muscovita, a Caulinita e a Albita (Tabela 2). A composição mineral apresentada atesta uma boa qualidade para o material explotado pela Mineração Portobello.

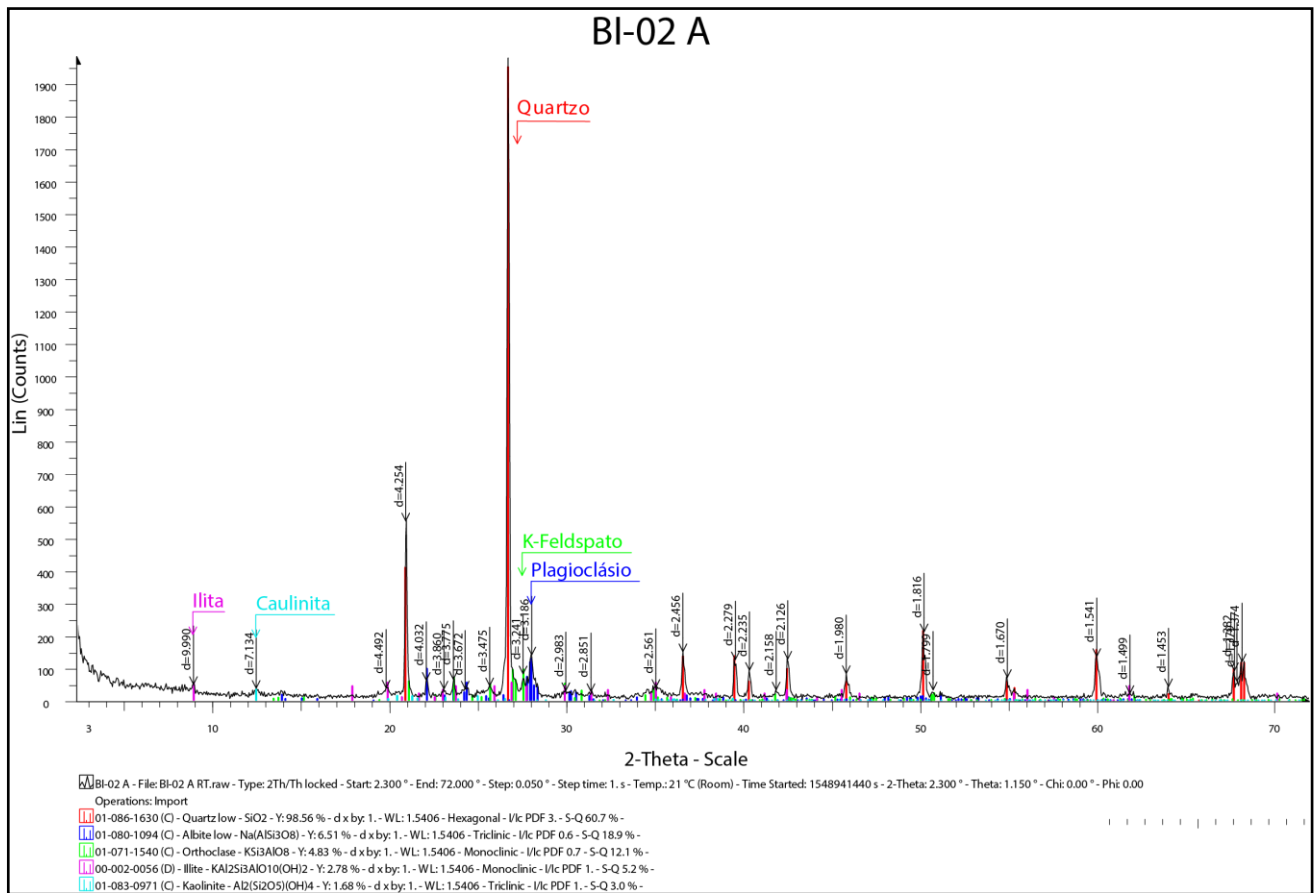


Figura 12- Difratograma do pó da amostra BI-02 A. Os picos, em destaque, representam os minerais: Ilita, Caulinita, Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio.

FONTE: (Laboratório de Difratometria de Raios-X-LDRX da UFRGS).

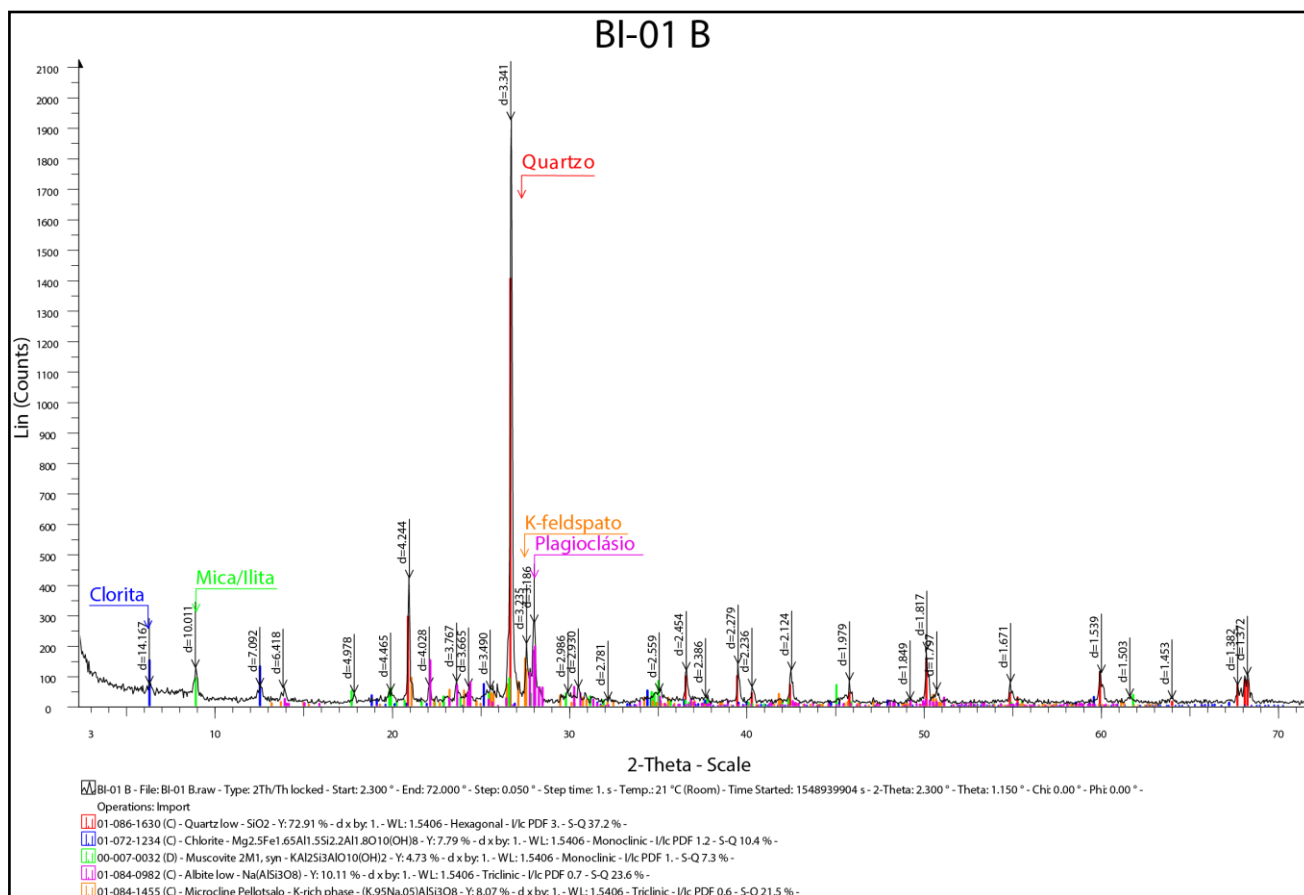


Figura 13 - Difratoograma do pó da amostra BI-01 B. As espécies minerais encontradas são: Clorita, Mica/Ilita, Quartzo, K-Feldspato e Plagioclásio.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X-LDRX da UFRGS).

## 4.2 MÉTODO ORIENTADO

Para a amostra orientada natural e glicolada BI-02 A, os argilominerais encontrados foram: Clorita, Ilita, Quartzo e Caulinita. Após ser aquecida a 550°C (amostra calcinada.), a Caulinita não apresenta o pico característico, sendo inferida que sua estrutura colapsou após o aquecimento da amostra (Figura 13).

Para a amostra BI-01 B (Figura 14), a mineralogia apresentada é a mesma apresentada para a amostra BI-02 A. E para a análise da amostra Calcinada, nota-se novamente a ausência dos picos referentes à Caulinita e a Clorita, interpretada como colapso das estruturas quando aquecidas.

Além do argilomineral ilita, encontrado por Bastos & Senra (2018), numa área contígua, há ocorrência de caulinita na jazida estudada (Tabela 2). Além disso, o quartzo e a clorita fazem parte da composição da matéria-prima explotada da mina.

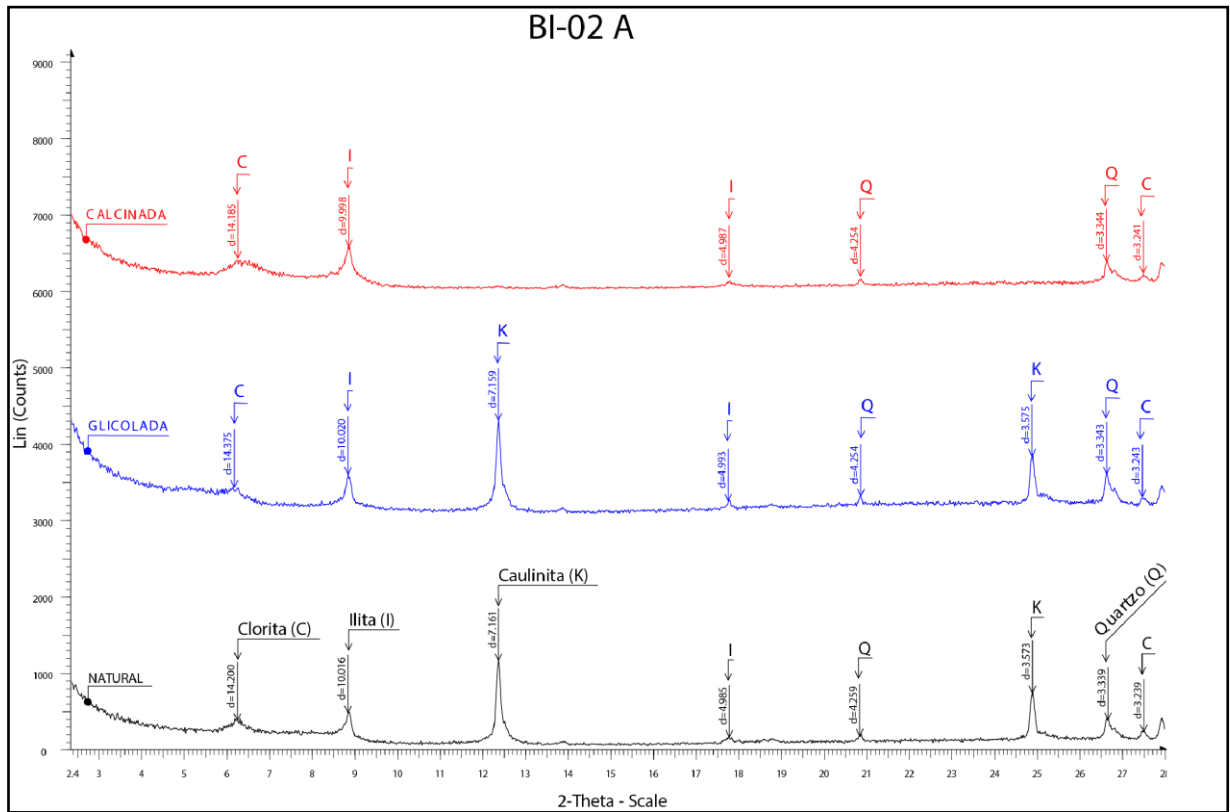


Figura 14 - Difratoograma da amostra BI-02 A. A análise foi feita na amostra orientada, nos estados: natural, glicolada e calcinada. Onde C - Clorita; I - Ilita; K - Caulinita e Q - Quartzo.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X-LDRX da UFRGS).

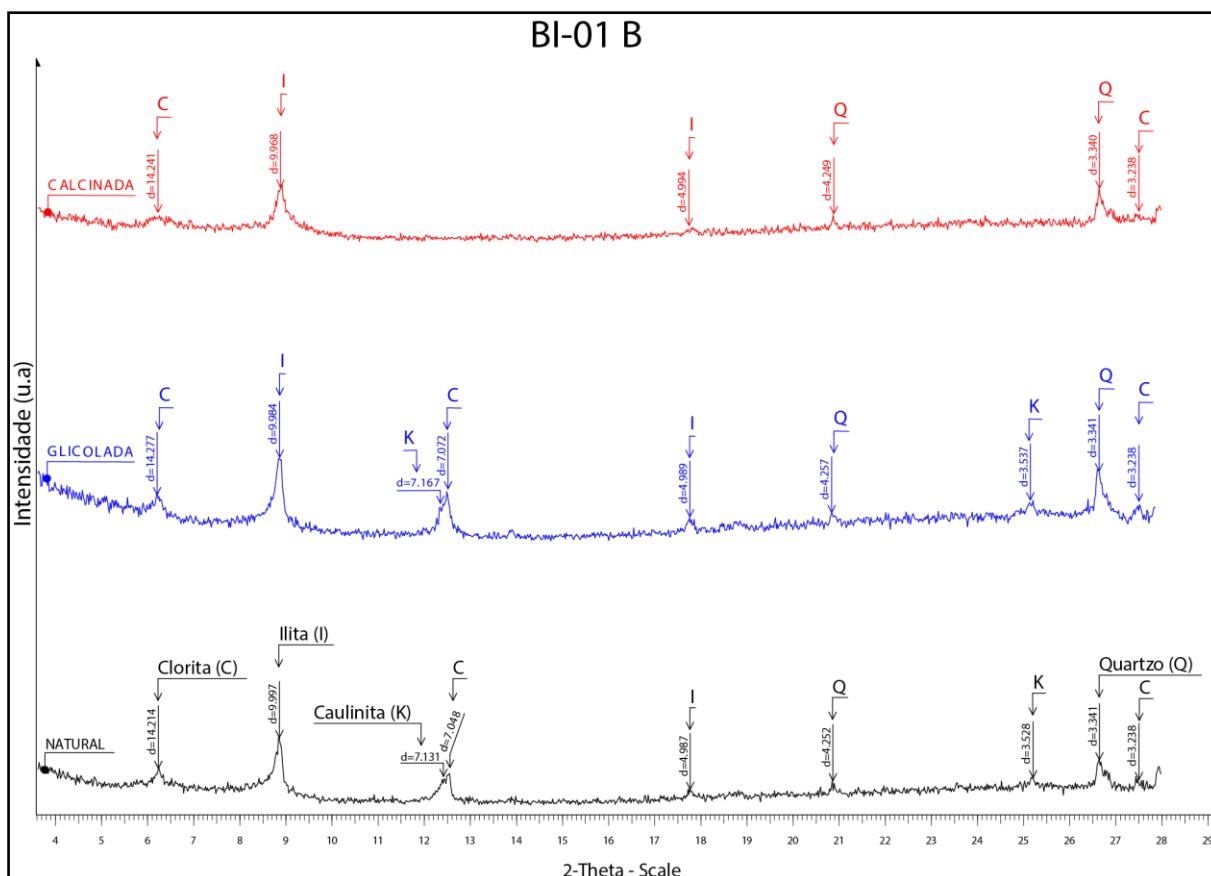


Figura 15 - Difratoograma da amostra BI-01 B. A análise foi feita na amostra orientada, nos estados: natural, glicolada e calcinada. Onde C - Clorita; I - Ilita; K - Caulinita e Q - Quartzo.

FONTE: (Laboratório de Difractometria de Raios-X-LDRX da UFRGS).

Tabela 2 – Quadro comparativo entre a mineralogia descrita no presente trabalho e os dados encontrados por autores em trabalhos anteriores, para o Mb. Boacica na região do município Cedro de São João.

Minerais	Andrade (2015)	Bastos & Senra (2018)	Pereira, I.R. (2019)
Albita	✓		✓
Caulinita	✓		✓
Clorita	✓	✓	✓
Ilita	✓	✓	✓
K-Feldspato		✓	✓
Muscovita	✓		✓
Quartzo	✓	✓	✓

FONTE: Autoria própria.

Segundo Machado (2013), a caulinita é a matéria prima-básica da indústria cerâmica, para a fabricação da porcelana, louca sanitária, entre outras. Além de apresentar alta refratariedade e, normalmente, apresenta baixa plasticidade.

A illita apresenta um comportamento mais fundente que a caulinita, com formação de uma fase líquida mais abundante e de forma mais rápida (Sousa, 2008). E de acordo com Durazzo *et al.* (2002), a fase líquida tende a preencher os vazios do corpo cerâmico, aumentando a densidade e diminuindo assim a porosidade do material.

O plagioclásio (Albita) é aplicado às massas cerâmicas por ser considerada muito fundente (Minerais industriais, 2015).

A clorita é um mineral de alteração, máfico, que proporciona maior valor de perda ao fogo, ou seja, diminui a refratariedade das peças cerâmicas (Gaspar Jr. *et al.*, 2007).

O k-feldspato é um mineral que tem a função de diminuir a temperatura de formação de fase líquida durante a etapa de queima. Ou seja, são conhecidos por serem materiais fundentes (Norton, 1973).

A mica (Muscovita) é um mineral com estrutura e composição complexas, geralmente presentes sob a forma de lamelas douradas e brilhantes visíveis a olho nu. As micas comportam-se como inertes (Grun, 2007). Desta forma, não interferem no comportamento do material.

Ainda, segundo esse autor, o quartzo pode gerar a introdução de defeitos, como a formação de trincas nas peças cerâmicas. Porém é adicionado às formulações de massas cerâmicas, com a finalidade de corrigir a plasticidade e aumentar o coeficiente de dilatação térmica.

Em síntese, o material explotado na mina Portobello, é composto por minerais com propriedades fundentes, plásticas, refratárias e inertes.

Os minerais que possuem propriedades fundentes, para Motta (2004), atuam como “desplastificante” na massa crua, diminuem a temperatura de formação da fase vítrea, que é responsável pela do componente plástico e participam na reação de formação de silicato e silício-aluminato cristalino, que assegura a resistência mecânica e coesão do produto.

Ainda, segundo o mesmo autor, as matérias-primas plásticas conferem importantes características na fase de conformação das peças cerâmicas, tais como trabalhabilidade e resistência mecânica a cru, e no processamento térmico, como estrutura e cor.

Os minerais que possuem propriedades refratárias são aqueles que podem permanecer em contato com fogo ou suportar calor elevado sem se deformarem, mas diminuem sua temperatura de fusão na presença de minerais fundentes.

Já os minerais inertes permanecem inalterados durante a fase de queima e constituem o esqueleto da massa cerâmica.



## 4 CONCLUSÕES

A Fm. Batinga é reconhecidamente a unidade geológica mais explorada em Cedro de São João como matéria-prima de primeira para a indústria cerâmica. Sua exploração econômica existe há décadas pela empresa Pamesa, em área próxima. Além disso, diversos autores já apontaram este material com características distintas e boas para a indústria ceramista, principalmente para a fabricação de porcelanato.

Neste viés, esse trabalho de pesquisa buscou reconhecer a mineralogia do minério extraído recentemente pela Mineração Portobello em região contígua a conhecida da Mina da Pamesa.

O procedimento para identificação de argilominerais por difração de raios-X (DRX) permite uma identificação confiável dos minerais que se encontram na fração argila que constituem a matéria-prima da indústria cerâmica. Assim sendo, o mesmo foi o escolhido para esta empreitada.

Após as análises de difração de raios-X realizadas por duas metodologias diferentes, método do pó e o método orientado, é possível afirmar que o material é composto essencialmente de clorita, illita/mica, caulinita, quartzo, k-feldspato e plagioclásio. A mineralogia encontrada condiz com os dados de Bastos & Senra (2018) e Andrade (2015) para material semelhante explorado em outras lavras do município de Cedro de São João, correspondentes à Fm. Batinga. E, reflete mais uma vez a característica única do material que reúne minerais característicos por serem fundentes (K-feldspato, Albita) e refratários (Quartzo), responsáveis por agregar densidade e resistência mecânica ao produto, respectivamente.

Uma característica importante, no material, é a ausência de argilas expansivas, sendo um ponto positivo na indústria de revestimentos.

Assim sendo, este material consegue, de modo geral, reunir as matérias-primas mais usadas na indústria em um único lugar, que são os argilominerais (illita/mica, caulinita, clorita), feldspatos (k-feldspato e plagioclásio) e sílica (quartzo).

Mais uma vez os resultados encontrados atestam a boa composição do material, bem como a sua constância no depósito. Ressaltando que a composição mineralógica dessa matéria-prima é de boa qualidade para a indústria cerâmica de revestimentos.

Estudos adicionais que visam a caracterizar a plasticidade, a queima e o teor de matéria orgânica devem ser realizados visando obter parâmetros mais específicos acerca da qualidade do material.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em <<https://abceram.org.br/materias-primas-naturais/>> Acesso em 03 de dezembro. 2018.

ALBERS, A. P. F., MELCHIADES, F. G., MACHADO, R., BALDO, J. B., BOSCHI, A. O. **Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X.** [Cerâmica], 48(305), São Paulo, p.34–37, 2002.

ANDRADE, L.P. **Caracterização Mineralógica da matéria-prima extraída pela indústria Ceramista no município de Cedro de São João, Sergipe.** (Tese de mestrado). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2015.

ANFACER – Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. Disponível em <<https://www.anfacer.org.br/portfolio-2018>> Acesso em 18 de novembro. 2018.

ANM - Agência Nacional de Mineração. Disponível em <<https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/Extra/site/admin/dadosProcesso.aspx>> Acesso em 08 de novembro de 2018.

BASTOS, V. A. **Caracterização da matéria-prima extraída na jazida Batinga para fabricação de porcelanato, no município de Cedro de São João, Sergipe.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2017.

BASTOS, V. A. & SENRA, A. S. **Estudo Composicional da Argila Extraída no Município de Cedro de São João Para Fabricação de Porcelanato, Estado de Sergipe.** Geologia, v. 31, n. 1. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. 2018.

BOMFIM, L. F. C., COSTA, I. V. G., BENVENUTI, S. M. P. **Projeto Cadastro da Infraestrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Diagnóstico do Município de Cedro de São João.** Aracaju: CPRM, 2002.

CAMPOS NETO, O. P. A., SOUZA-LIMA, W., CRUZ, F. E.G. **Bacia de Sergipe-Alagoas**. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 15, n. 2, Rio de Janeiro, p. 405-415, maio/nov. 2007.

CENSO, IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/cedro-de-sao-joao/panorama>> Acesso em 18 de novembro de 2018.

COSTA, J. A. **Caracterização dos argilominerais em matéria prima cerâmica da Formação Rio do Rasto, Bacia do Paraná, nos municípios de Turvo e Meleiro, Sudeste de Santa Catarina**. 2010. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

**CPRM** – Serviço Geológico do Brasil. Disponível em <[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)> Acesso em 10 de novembro de 2018.

DURAZZO, M; RIELLA, H.G.; FRANJNDLICH, E.U. DE C. 2002. **Caracterizacao e Utilizacao de Fundentes em Massas Cerâmicas**. Ceramica industrial. **7**: 33-36.

GASPAR JUNIOR, L. A.; MORENO, M. T.; SOUZA, M. H. DE O. 2007. **Estudo Comparativo dos efeitos de aditivos naturais sobre uma massa para pavimentos cerâmicos por via seca**. Rio Claro: Revista Cerâmica Industrial, **12** (1/2), IGCE/UNESP.

GRUN, E. 2007. **Caracterização de Argilas Provenientes de Canelinha/SC e Estudo de Formulações de Massas Cerâmicas**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina, 15-17.

MACHADO, F.B. Rochas Sedimentares. **Museu de minerais e rochas**. 2013. Disponível em <[www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares](http://www.rc.unesp.br/museudpm/rochas/sedimentares)> Acesso em 09 de janeiro de 2019.

MASSA, W. **Crystal Structure Determination**. 4° ed. Berlin, Germany: Springer, 2004. 226 p.

MELLO, I. S. C., Motta, J. F. M., Bezerra, M. S., Nesi, J. R., Junior, R. L. **Atlas de matérias-primas minerais cerâmicas do nordeste brasileiro**. CPRM, São Paulo, 2011.

MILANI, E. J., BRANDÃO, J. A. S. L., ZALÁN, P. V. & GAMBOA, L. A. P. **Petróleo na margem continental brasileira: geologia, exploração, resultados e perspectivas.** *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 18(3), p. 351-397, 2001.

Minerais industriais. 2015. Disponível em<<http://www.marcmineracao.com.br/produtos>> acesso em janeiro de 2019.

MOTTA, J. F. M., ZANARDO, A., CABRAL JÚNIOR, M., TANNO, L. C., CUCHIERATO, G. **As Matérias-Primas Plásticas para a Cerâmica Tradicional: Argilas e Caulins.** *Cerâmica*, V. 9 (2), p. 36-46, 2004.

NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica.** Tradução Jefferson Vieira de Souza, São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1973.

PINTO, J. E. S. S. **Condições de tempo e clima.** In: FRANÇA, V. L. A. e CRUZ, M. T. S. (Coords.). *Atlas escolar Sergipe: espaço geo-histórico e cultural.* João Pessoa: Grafset, 2007, p. 48-54.

SANTOS, R.A., MARTINS, A. A. M., NEVES, J.P., LEAL, R.A. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe.** CPRM/CODISE, 107. 1998.

SÁNCHEZ-MUÑOZ, L., CAVA, S. S., PASKOCIMAS, C. A., CERISUELO, E., LONGO, E., CARDA, J. B. **Influência da composição das matérias-primas no processo de gresificação de revestimentos cerâmicos.** *Cerâmica*, V. 48 (307), 2002.

SCHALLER, H. **Revisão estratégica da bacia de Sergipe/Alagoas.** Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21- 86, 1969.

SOUSA, S.J.G. **Desenvolvimento de Massas Cerâmicas Processadas por via seca com matérias-primas do norte fluminense visando aplicação em revestimento poroso** (Tese de Doutorado). Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. 2008.

SRH-Secretaria de Recursos Hídricos, 2014. Atlas Digital de Recursos Hídricos. CD – ROM. **Atlas digital sobre recursos hídricos de Sergipe:** sistema de informações sobre recursos hídricos de Sergipe (SIRHSE) [CD-ROM]. Aracaju: Superintendência de Recursos Hídricos (SRH); Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH). 2014.

TEIXEIRA-NETO, É. & TEIXEIRA-NETO, Â. A. **Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado.** Química Nova, São Paulo, Vol. 32, No. 3, 809-817, 2009.

WENTWORTH, C. K., *A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments.* The Journal of Geology, The University of Chicago Press, Vol. 30, No. 5, p. 377-392, 1922.